

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-49256

⑮ Int. Cl.

H 01 L

27/12  
21/265  
21/76

識別記号

庁内整理番号

7514-5F  
J-7738-5F  
R-7131-5F

⑬ 公開 昭和64年(1989)2月23日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 半導体装置の製造方法

⑯ 特 願 昭62-205241

⑰ 出 願 昭62(1987)8月20日

⑱ 発 明 者 長 谷 川 充 彦 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲ 出 願 人 富 士 通 株 式 会 社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 復 代 理 人 弁 理 士 大 菅 義 之

## 明 細 書

## 法。

## 1. 発明の名称

半導体装置の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) シリコン基板(11)の斜め方向から酸素原子(12)を局所的に注入して酸素原子注入層(13)を形成する工程と、

該酸素原子注入層(13)を酸化または熱処理させてシリコン基板表面(14)に対して斜め方向に斜面酸化膜(15)を形成する工程と、

該斜面酸化膜(15)の上部のシリコン部分(16)をシリコン基板(11)から電気的に絶縁分離する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

(2) 前記シリコン基板(11)中に酸素原子注入層(13)を形成するにおいて、該基板表面より深い領域に酸素原子注入層(13)を形成した後に加速電圧を低くして浅い領域に酸素原子注入層(13)を形成することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の方

## 3. 発明の詳細な説明

(概要)

SOI技術を用いた半導体装置の製造方法、特にシリコン基板より絶縁分離されるシリコン部分の結晶性が良好な半導体装置の製造方法に関し、

イオン注入に曝されていないシリコン部分を基板から絶縁分離して、結晶欠陥のない好適な素子形成領域を得ることを目的とし、

シリコン基板の斜め方向から酸素原子を局所的に注入して酸素原子注入層を形成する工程と、該酸素原子注入層を酸化または熱処理させてシリコン基板表面に対して斜め方向に斜面酸化膜を形成する工程と、該斜面酸化膜の上部のシリコン部分をシリコン基板から電気的に絶縁分離する工程とを含み構成する。

(産業上の利用分野)

本発明は、SOI技術を用いた半導体装置の製

造方法、特にシリコン基板より絶縁分離されるシリコン部分の結晶性が良好な半導体装置の製造方法に関する。

近時、半導体装置の集積度を向上させるため、SOI(Silicon On Insulator)技術を用いた三次元構造が提案されている。

SOI技術とは、絶縁物上に半導体であるシリコンを形成する技術であり、一般的には絶縁層上に多結晶シリコン層を形成し、これをエネルギー線照射により再結晶化し、この再結晶シリコン層に半導体素子を形成する方法が用いられているもので、その1つにレーザ再結晶法がある。

#### 〔従来の技術〕

第7図(a)(b)は従来のSIMOX(Separation by Implanted Oxygen)技術を使った工程断面図である。

従来の半導体装置の製造方法、例えばSOI技術を用いて半導体素子を形成する方法は、シリコン基板から絶縁分離した単結晶シリコン層を形成

通さないため、基板加熱などによりシリコン結晶を固相成長させて結晶性の回復が行われていた。

#### 〔発明が解決しようとする問題点〕

しかし、上述した従来の基板加熱によるシリコン層の固相成長によってもアモルファス化したシリコン層の結晶性は完全に回復されず、部分的に結晶欠陥が残留して半導体装置の信頼性を低下させる原因となっていた。

また基板加熱法以外にもレーザを使用した再結晶法などがあるが、やはり結晶性の回復が不十分である。

そこで本発明は、イオン注入に曝されていないシリコン部分を基板から絶縁分離して、結晶欠陥のない好適な素子形成領域を得ることを目的とする。

#### 〔問題点を解決するための手段〕

上記問題点は、シリコン基板の斜め方向から酸素原子を局所的に注入して酸素原子注入層を形成

する必要があり、その一手法としてSIMOXという技術が使われている。SIMOX技術とは、酸素原子をシリコン基板中にイオン注入することによって、基板表面より深い部分に酸化膜( $\text{SiO}_2$ )を形成し、シリコン層とシリコン基板とを絶縁分離させる方法である。この技術は、シリコン層が基板と電氣的に絶縁されるため、浮遊容量の減少によるスピードの向上やCMOSを形成した場合のラッチアップ防止等の利点がある。

このSIMOX技術を使って、第7図(a)に示す如く、酸素原子32を加速し、シリコン基板表面34よりも深い一定の領域内に酸素原子32を注入して酸素原子注入層33を形成後、第7図(b)の如く、これを熱処理して酸化膜( $\text{SiO}_2$ )35を形成し、シリコン基板31とシリコン層36とを絶縁分離していた。ところが、酸素原子32がシリコン層36を通過して酸素原子注入層33を形成するため、酸素原子32による表面シリコン層36の結晶性が破壊され、アモルファス(非結晶)化する。アモルファス化された表面シリコン層36は、このままでは素子形成に

する工程と、該酸素原子注入層を酸化または熱処理させてシリコン基板表面に対して斜め方向に斜面酸化膜を形成する工程と、該斜面酸化膜の上部のシリコン部分をシリコン基板から電氣的に絶縁分離する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法によって達成される。

#### 〔作用〕

第1図の各図は、本発明の第1実施例における半導体装置の工程側断面図である。図中、11はシリコン基板、12は酸素原子、13は酸素原子注入層、14はシリコン基板表面、15は斜面酸化膜、16はシリコン部分、17はレジスト、18は溝である。

即ち本発明は、同図(a)~(d)に示す如く、シリコン基板11の斜め方向から酸素原子12を局所的に注入して酸素原子注入層13を形成し、該酸素原子注入層13を酸化または熱処理させてシリコン基板表面14に対して斜め方向に斜面酸化膜15を形成し、該斜面酸化膜15の上部のシリコン部分16をシリコン基板11から電氣的に絶縁分離する方法により、

酸素原子のイオン注入に阻害されない結晶性の良好なシリコン部分16が形成できるため、このシリコン部分16をシリコン基板11から絶縁分離させて結晶欠陥のない単結晶シリコンの素子形成領域を得ることができる。

この方法を採用することによって、信頼性の高い半導体装置の製造が可能となる。

#### (実施例)

以下、本発明を図示の実施例により具体的に説明する。

本実施例は、SOI技術を用いたMOS FETの製造方法に適用したものである。

第1図(a)~(d)は本発明の第1実施例における半導体装置の工程側断面図、第2図は第1図(d)の斜視図、第3図はシリコン部分における素子形成例を示す斜視図、第4図は第2実施例における半導体装置の製造方法を示す側断面図、第5図は第3実施例における半導体装置の製造方法を示す側断面図、第6図は階段状注入法によるイオン注入条

件を示す線図である。

第1図ないし第6図において、11はシリコン基板、12は酸素原子、13は酸素原子注入層、14はシリコン基板表面、15は斜面酸化膜、16はシリコン部分、17はレジスト、18は溝、19はソース、20はドレイン、21はゲート絶縁膜、22はSiO<sub>2</sub>膜、23はマスク、24は熱処理後の酸素濃度、25はゲート電極である。

#### 第1実施例

第1図(a)に示す如く、シリコン基板表面14に対して斜めの方向から酸素原子12を局所的にイオン注入する方法として、第1実施例では図示省略の集束イオン注入装置(フォーカスト・イオン・ビーム、FIB)を使った。集束イオン注入装置のビーム径を0.5  $\mu\text{m}$  に絞り、酸素原子(O<sup>+</sup>)を下記の表-1に示すイオン注入条件でイオンの加速電圧とイオン注入量を階段状に変化させながらP型のシリコン基板11に注入する。その際の基板温度は、500℃に保ち、イオン注入角度は、シリコン基板表面14に対して45°角度をとった。イオン注入条

件を表-1の③から⑧へ階段状に変化させ、ブロック毎の注入層を順次積み重ねるようにして、断面形状が平行四辺形の酸素原子注入層13を形成する(同図(a)参照)。図中の酸素原子注入層13の厚み $t$ はビーム径の大きさによってきまり、ここでは0.5  $\mu\text{m}$  である。なお表-1において、 $R_p$ は酸素原子注入層の中心が形成される基板表面から注入方向へ向かっての深さで、 $\Delta R_p$ は酸素原子注入層の形成される範囲の1/2値である。

以下余白

表-1 イオン注入条件

加速電圧 (KeV)	$R_p$ (Å)	$\Delta R_p$ (Å)	注入量の個数 (ATOM/ $\mu\text{m}$ )
① 10	200	100	$5 \times 10^8$
② 30	600	300	$1.5 \times 10^9$
③ 60	1,300	500	$2.5 \times 10^9$
④ 100	2,400	700	$3.5 \times 10^9$
⑤ 170	4,200	1,000	$5 \times 10^9$
⑥ 260	6,500	1,500	$7.5 \times 10^9$
⑦ 420	10,000	2,000	$1 \times 10^{10}$
⑧ 600	14,000	3,000	$1.5 \times 10^{10}$

第6図は上記の階段状のイオン注入条件によって形成される酸素原子注入層の基板表面から注入方向へ向かっての深さと、酸素濃度との関係を線図で示したものである。この図からわかるように、①~⑧までの条件でイオン注入すると、ほぼ均一な酸素濃度を保ちながら基板表面から1.6  $\mu\text{m}$  程

度までの局所的な領域に酸素原子を注入することが可能である。第6図中の破線は、熱処理後の酸素濃度24の値を示したものである。

前記階段状イオン注入法以外に、酸素濃度を  $5 \times 10^{22} \text{cm}^{-3}$  に保つように連続的に加速電圧とイオン注入量を変化させながら注入してもよい。

次に、 $\text{N}_2$  ガス雰囲気中で1250℃の熱処理を2時間行って酸素原子注入層13を第1図(c)に示す如き形状の $\text{SiO}_2$ の斜面酸化膜14に形成する。なお熱処理の雰囲気ガスを酸化性雰囲気(酸素)にして、容易に酸化膜を形成する方法もある。熱酸化によって酸化膜が体積膨張するが、特に問題はない。

第1図(c)に示す如く、レジスト17のパターンを形成して、シリコン基板11を $\text{RIE}(\text{CCl}_4 + 20\% \text{O}_2 \text{ 雰囲気中})$ により斜面酸化膜15までエッチングして、溝18を形成する。この溝18は平面方向から見ると「コ」の字型をしており(第2図の斜視図参照)、斜面酸化膜15の上部のシリコン部分16をシリコン基板11から電氣的に絶縁分離させる。

を)を使って局所的に酸素原子を注入する方法である。

マスク材としては、シリコンよりもイオンの注入長の短い材質が好ましい。例えば第2実施例では、金(Au)を用いて第4図に示す如き形状(膜厚 $1 \mu\text{m}$ 、開口幅 $1.5 \mu\text{m}$ )のマスクを形成し、表-2で示すイオン注入条件で階段状に酸素原子を注入する。

以下余白

最後にレジスト17を除去することによって、第1図(d)およびこれを斜め上から見た第2図の如き構造の素子形成領域(シリコン部分16)を作ることができる。

このような方法によって形成されるシリコン部分16は、斜め方向から局所的にイオン注入して斜面酸化膜を形成するため、イオン注入による結晶欠陥が生じることがなくなり、結晶欠陥を回復させる基板加熱も不要になる。またシリコン部分16は、絶縁膜である斜面酸化膜15と接する以外は溝18でシリコン基板11と隔離されているので、確実に絶縁分離される。このため、シリコン部分16を使って素子形成を行えば、結晶性の問題のない良好な素子を形成することができる。

例えば通常のプロセスを用いて、第3図に例示する如き構造のMOSトランジスタを容易に形成することができる。

## 第2実施例

第2実施例は、イオン注入マスクを使用し、通常のイオン注入装置(イオン・インプランテーシ

表-2 イオン注入条件

加速電圧 ( KeV )	ドーズ量 ( $\text{cm}^{-2}$ )
① 10	$2 \times 10^{17}$
② 30	$6 \times 10^{17}$
③ 60	$1 \times 10^{18}$
④ 100	$1.4 \times 10^{18}$
⑤ 170	$2 \times 10^{18}$
⑥ 260	$3 \times 10^{18}$
⑦ 420	$4 \times 10^{18}$
⑧ 600	$6 \times 10^{18}$

その際の酸素濃度は、 $10^{22} \text{cm}^{-3}$  になるように設定する。

イオン注入角度は、シリコン基板表面に対して $45^\circ$ の角度で注入させる。このため、マスク23の角の膜厚の薄い部分はイオンが透過し(マスク中の酸素原子注入範囲を一点破線で示す)、酸素原

子注入層13の断面形状は集束イオン注入装置の場合と比べて上方に開いた形状となる。その後の工程は、第1実施例の場合と同様に斜面酸化膜15を形成し、RIEによりシリコン部分をシリコン基板11から電氣的に絶縁分離させて形成する。

第2実施例も第1実施例と同様の効果があった。

第3実施例

第3実施例は、斜面酸化膜15の形成工程までは第1実施例と同様であるが、シリコン部分16の絶縁分離工程において「コ」の字型にシリコン基板11をエッチングして溝を形成する方法を使わない。

ここでは、左右の両方向から斜面酸化膜15を形成し、絶縁分離されていない側面部分に局部的に酸素原子を注入して酸化膜を形成したり、この側面部分をエッチング除去することによってV溝を形成してシリコン部分16を絶縁分離させる方法を用いた。

このような方法により形成されたシリコン部分16は、第1実施例の場合と同様に結晶性が良好なため、好適な素子形成が可能である。

第7図(a)(b)は従来のSIMOX技術を使った工程断面図である。

第1図ないし第6図において、

- 11はシリコン基板、
- 12は酸素原子、
- 13は酸素原子注入層、
- 14はシリコン基板表面、
- 15は斜面酸化膜、
- 16はシリコン部分、
- 17はレジスト、
- 18は溝、
- 19はソース、
- 20はドレイン、
- 21はゲート絶縁膜、
- 22は $\text{SiO}_2$ 膜、
- 23はマスク、
- 24は熱処理後の酸素濃度、
- 25はゲート電極である。

〔発明の効果〕

以上のように本発明によれば、シリコン基板に斜面状の局部的な酸素原子の注入を行って酸化膜を形成し、イオン注入に曝されていないシリコン部分を基板から絶縁分離することによって、結晶欠陥のない好適な素子形成領域を得られ、高信頼度の半導体装置を製造することが可能である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)~(d)は本発明の第1実施例における半導体装置の工程断面図、

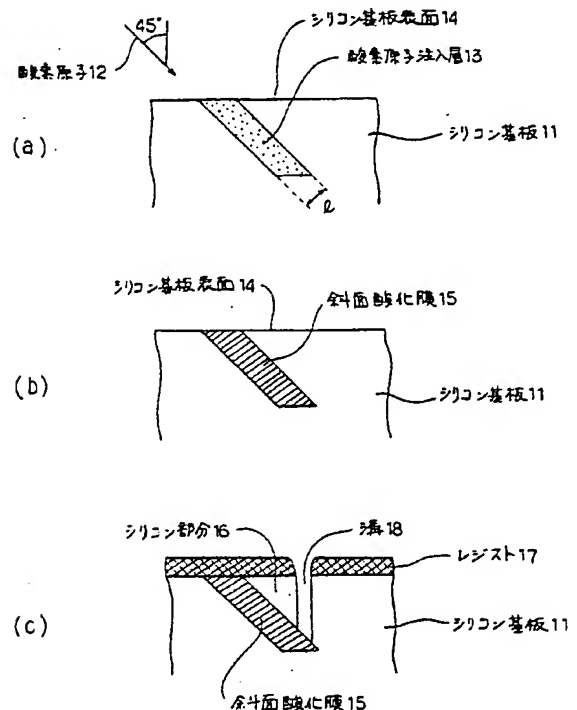
第2図は第1図(d)の斜視図、

第3図はシリコン部分における素子形成例を示す斜視図、

第4図は本発明の第2実施例における半導体装置の製造方法を示す側断面図、

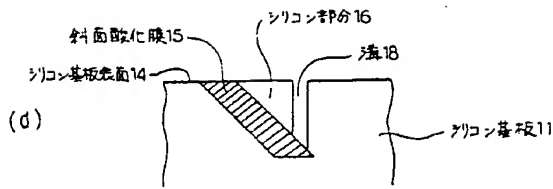
第5図は第3実施例における半導体装置の製造方法を示す側断面図、

第6図は階段状注入法によるイオン注入条件を示す線図、



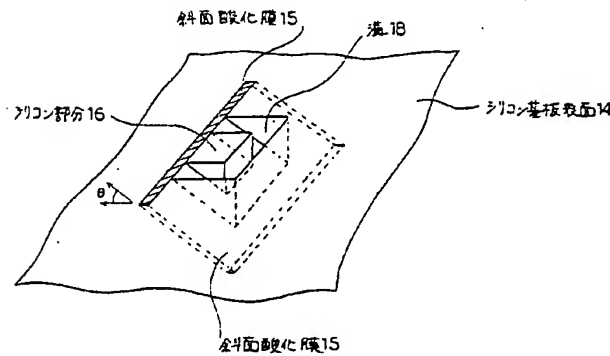
本発明の第1実施例における半導体装置の工程断面図

第1図



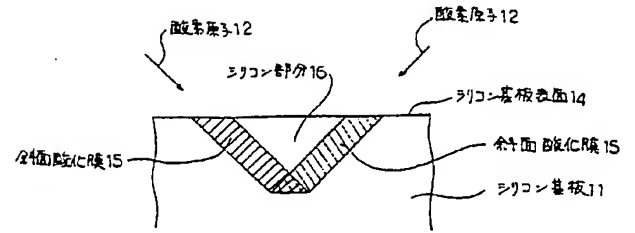
本発明の第1実施例における半導体装置の工程側断面図

第1図



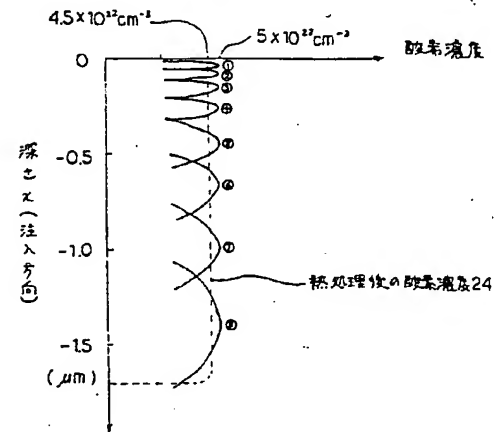
第1図(d)の斜視図

第2図



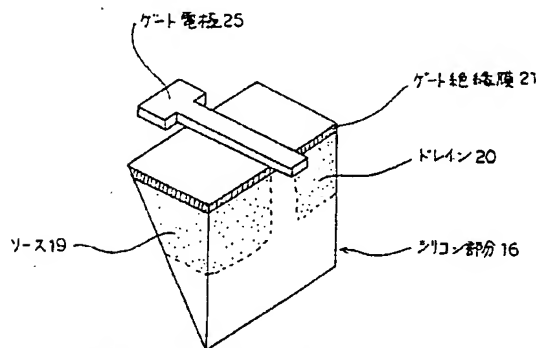
第3実施例における半導体装置の製造方法を示す断面図

第5図



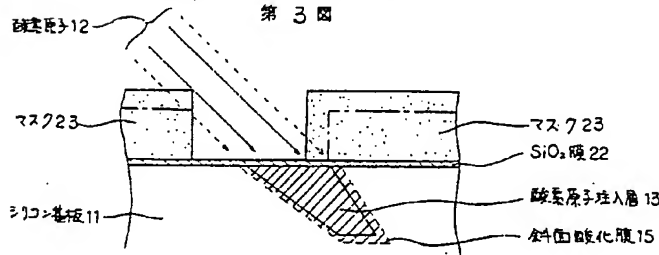
階段状注入法によるイオン注入条件を示す線図

第6図



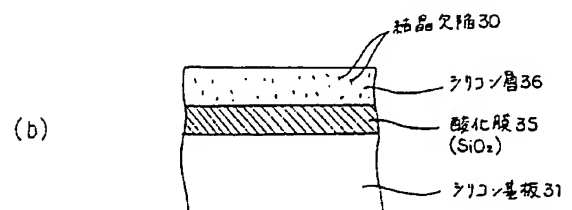
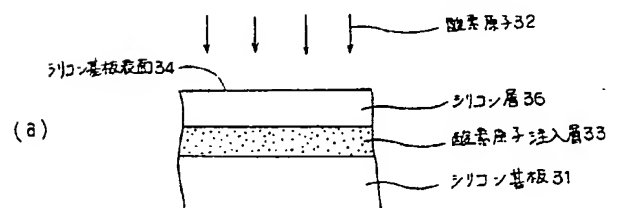
シリコン部分における素子形成の様子を示す斜視図

第3図



本発明の第2実施例における半導体装置の製造方法を示す断面図

第4図



従来のSIMOX技術を用いた工程断面図

第7図